

MODEL 2D PENGARUH GAYA HORIZONTAL ARUS PADA PEMECAH GELOMBANG DI TPI PANCER JAWA TIMUR

Oleh:

F. Novico dan Sahudin

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjuran 236 Bandung, franto12@yahoo.com

Diterima : 14-03-2011; Disetujui : 24-07-2011

SARI

Perencanaan pemecah gelombang yang baik seharusnya dilakukan tidak hanya dengan mempertimbangkan aspek geologi dan geoteknik namun juga arus sebagai gaya horizontal yang bekerja pada pemecah gelombang. Berdasarkan desain pemecah gelombang pada penelitian terdahulu, maka dilakukan analisa pemodelan pemecah gelombang yang difokuskan pada parameter arus yang bekerja di struktur pemecah gelombang. Kecepatan arus ditransformasikan menjadi gaya horizontal untuk masing-masing skenario model, dimana model dibuat dalam bentuk dua dimensi elemen terbatas dengan analisis linear elastis untuk setiap skenario model. Model telah dibuat dengan menerapkan 8 meter tinggi pemecah gelombang dan 1kN/m^2 gaya horizontal untuk disimulasikan. Berdasarkan hasil yang didapatkan maka dapat diketahui bahwa perpindahan terbesar yang terjadi adalah sebesar $46,25 \times 10^{-3}$ m. Sehingga gaya arus dapat dikatakan tidak menyebabkan keruntuhan atau perubahan yang besar pada struktur pemecah gelombang.

Kata Kunci: Gaya Arus, Pemecah Gelombang TPI Pancer, Plaxis V8.2

ABSTRACT

Achieving a good design of a breakwater should be completed not only considering a geology and geotechnical aspect but also calculating a current as horizontal force. Based on previous breakwater design thus, it has been completed analysis of breakwater model where a model was created with concentrate within current force on breakwater. Current velocity is transformed to horizontal force where two dimension finite element and linear elastic model were applied for each model scenarios.

Model has been created within 8 meters high of breakwater and 1kN/m^2 of current force to be simulated. Based on the result, it can be seen the biggest displacement that occurred $46,25 \times 10^{-3}$ m. Therefore, the breakwater does not have a big deformation or failure that caused by current force.

Keywords: Current forces, Breakwater, TPI Pancer, Plaxis V8.2

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penelitian rencana konstruksi pemecah gelombang pada Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Pancer-Jawa Timur (Gambar 1) terhadap penurunan akibat berat pemecah gelombang telah dilakukan oleh Novico dan Geurhaneu

(2010). Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa dimensi rencana pemecah gelombang cukup aman diletakkan pada bagian barat Teluk Pancamaya. Kondisi sedimen dasar pada sekitar lokasi secara umum merupakan sedimen yang bersifat non kohesif, Novico dan Geurhaneu 2010. Berdasarkan penelitian

tersebut dihasilkan nilai penurunan sebesar $72,77 \cdot 10^{-3}$ m. PLAXIS versi 8.2 merupakan software pemodelan geoteknik yang sangat umum digunakan dalam dunia perancangan sruktur yang berhubungan dengan tanah.

Hasil penelitian oleh Novico dkk (2006) tentang perencanaan pemecah gelombang batu sisi miring dan juga analisis penurunan pemecah gelombang yang dibuat oleh Novico dan Geurhaneu (2010), tentang penurunan sedimen permukaan laut akibat beban pemecah gelombang dengan software PLAXIS versi 8.2 telah dilakukan. Makalah ini akan membahas masalah yang lebih detail mengenai pengaruh arus yang bekerja pada tubuh pemecah gelombang sehingga dapat diketahui besarnya perpindahan yang terjadi pada rencana pemecah gelombang tersebut.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perpindahan pemecah gelombang akibat arus dengan melakukan pemodelan sederhana elemen terbatas menggunakan software PLAXIS versi 8.2 (2002).

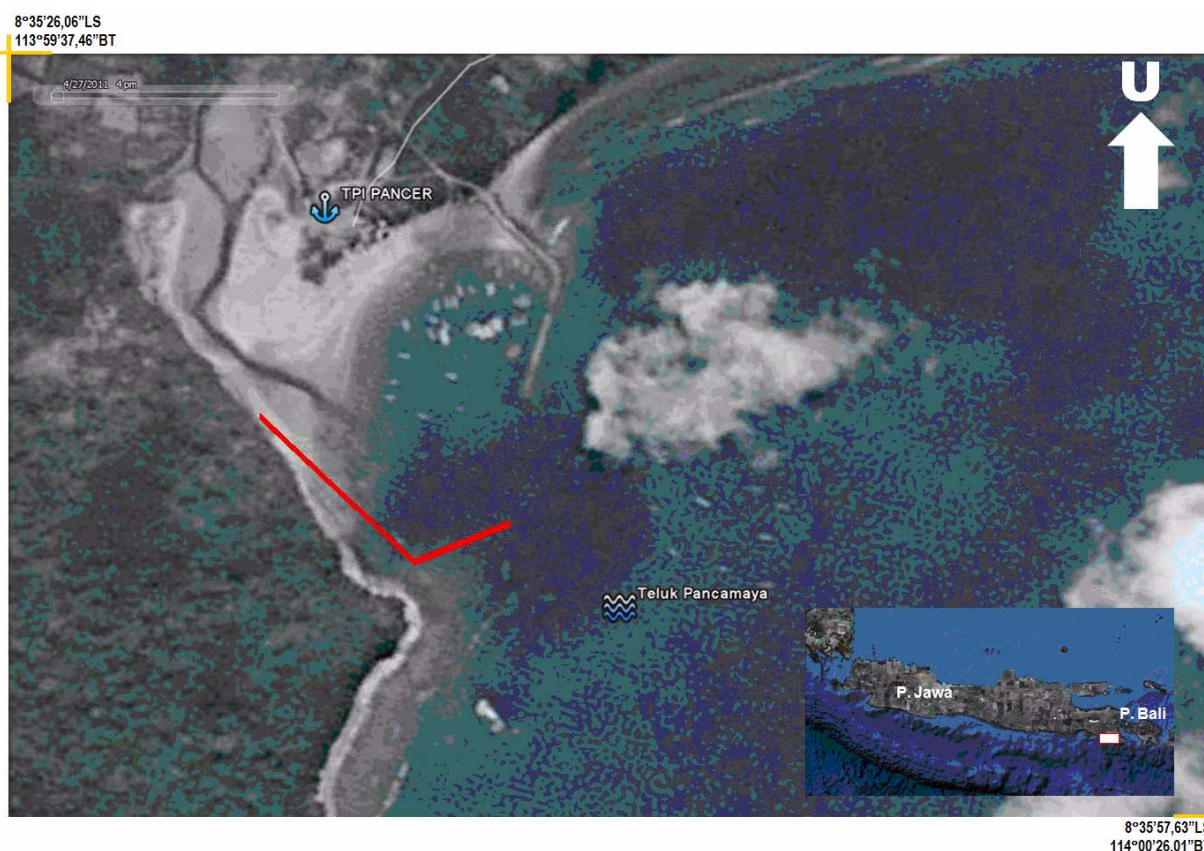
Permasalahan dan Batasan

Dalam penelitian ini, gaya horizontal didapatkan dari transformasi nilai kecepatan arus, dengan asumsi penggunaan formula transformasi yang terdapat dalam Tomlinson dan Woodward (2008) dapat dipergunakan.

Kecepatan Arus

Pengukuran arus dilakukan pada lokasi sekitar rencana pemecah gelombang yaitu di koordinat $113^{\circ}59'58''$ dan $08^{\circ}35'35''$ dengan menggunakan alat *current* meter pada tiga kedalaman berbeda yaitu 6 m (arus permukaan), 18 m (arus menengah) dan 24 m, dimana 24 meter dianggap arus dalam.

Kecepatan arus didapatkan dari hasil survey (PPPGL, Novico, F., Sahudin., Usman, E., Hartono., Latuputy, G., Geurhaneu, N.Y., Harkins, F.X., 2004). Berdasarkan hasil survey tersebut dapat diketahui bahwa kecepatan arus permukaan berkisar antara 0,01 – 0,49 m/detik dengan arah dominan pada saat surut menunjukkan arah relatif ke baratdaya dan pada saat *slack* (surut terendah) arah arus relatif ke tenggara, sedangkan pada saat pasang



Gambar 1. Lokasi Rencana Pemecah Gelombang (Google Earth, 10 Maret 2006)

memperlihatkan arah utara relatif timurlaut kemudian berbelok ke arah utara pada saat *slack* (pasang tertinggi). Kondisi kecepatan arus menengah berkisar antara 0,02 – 0,20 m/detik dengan arah dominan yang berubah-ubah. Pada saat surut arus masih relatif menunjukkan arah baratdaya dan pada saat *slack* (surut terendah) berbelok ke arah timurlaut, sedangkan pada saat pasang memperlihatkan arah ke timur laut dan pada saat *slack* (pasang tertinggi) arah arus ke barat daya. Kondisi kecepatan arus dalam antara 0,01 – 0,32 m/det dengan arah yang hampir sama dengan kondisi arus menengah.

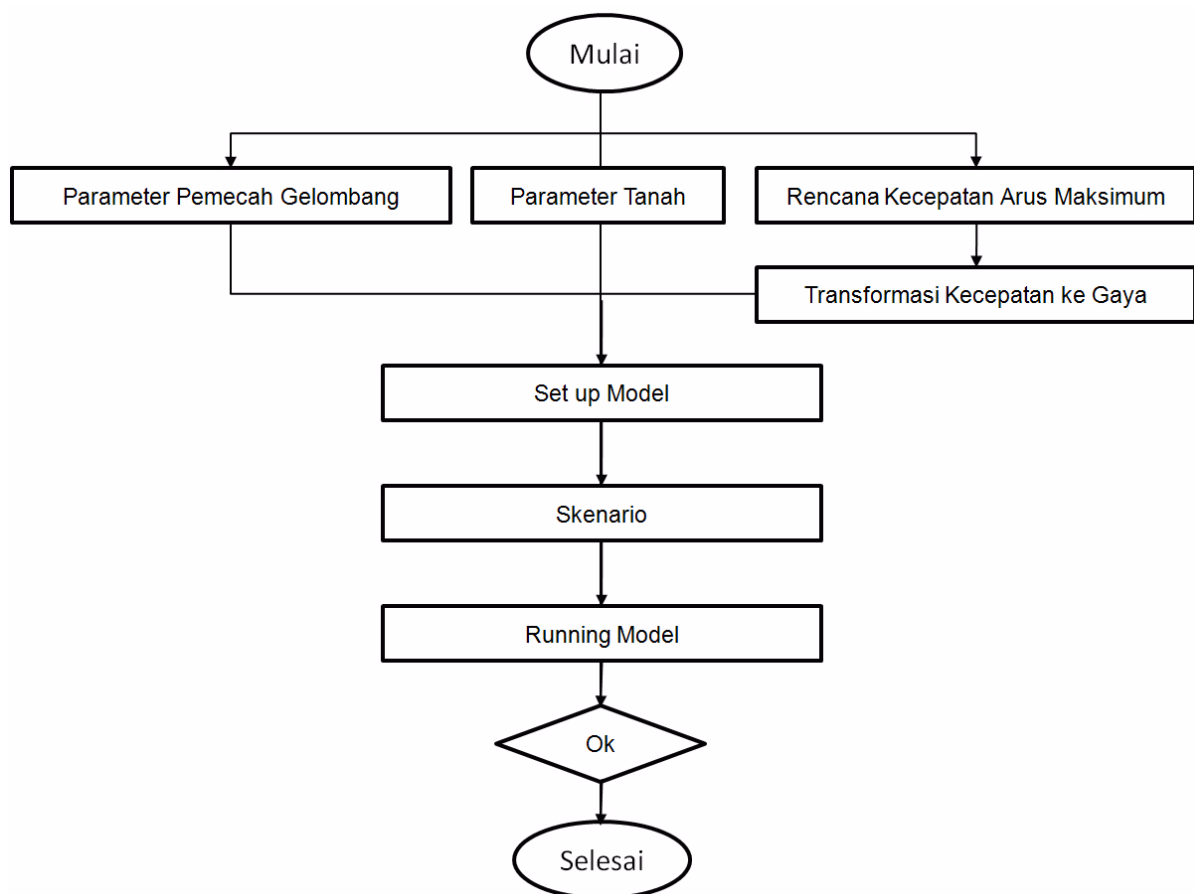
Morfologi permukaan dasar laut pada areal sekitar rencana pemecah gelombang merupakan daerah yang landai. Pada daerah tersebut kedalaman dasar laut kurang dari 30 m namun pada daerah di luar teluk kondisi morfologi sangat curam dengan kedalaman lebih dari 100 m.

METODE

Metode analisis perpindahan pada model pemecah gelombang menggunakan metode elemen terbatas dengan analisis linear elastis. Metode tersebut dilakukan dengan menggunakan software PLAXIS versi 8.2. Kondisi ini tepat diaplikasikan untuk kondisi struktur tidak berpori pada lapisan tanah yang bersifat teraliri (*drain*).

PEMODELAN

Analisis pemodelan diawali dengan memasukkan parameter pemecah gelombang, tanah dan kecepatan arus di dalam model kemudian dilakukan dengan pembuatan skenario untuk pembangunan pemecah gelombang dan terakhir adalah analisis hasil, seperti terlihat pada bagan alir pemodelan (Gambar 2). Dimensi model pemecah gelombang disamakan dengan model sebelumnya yang telah dibuat oleh Novico dan Geurhaneu, 2010. Pada model tersebut dapat diketahui bahwa ketinggian



Gambar 2. Diagram alir pemodelan

pemecah gelombang adalah 8 meter dari permukaan dasar laut terdalam (Gambar 3). Kondisi air laut tertinggi yang direncanakan pada pemecah gelombang adalah 6 meter. Aplikasi model dilakukan tiap 1 meter ketebalan pemecah gelombang dengan asumsi pelaksanaan konstruksi pemecah gelombang tiap 1 meter tinggi (Novico dan Geurhaneu, 2010).

Seperti diterangkan pada paragraf sebelumnya bahwa analisis model dilakukan menggunakan metode linear elastis. Kondisi tersebut dilakukan berdasarkan pada pendekatan Hukum Hooke sebagai berikut;

$$\begin{bmatrix} \sigma'_{xx} \\ \sigma'_{yy} \\ \sigma'_{zz} \\ \sigma'_{xy} \\ \sigma'_{yz} \\ \sigma'_{zx} \end{bmatrix} = \frac{E}{(1-2\nu')(1+\nu')} \begin{bmatrix} 1-\nu' & \nu' & \nu' & 0 & 0 & 0 \\ \nu' & 1-\nu' & \nu' & 0 & 0 & 0 \\ \nu' & \nu' & 1-\nu' & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2}-\nu' & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2}-\nu' & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2}-\nu' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\epsilon}_{xx} \\ \dot{\epsilon}_{yy} \\ \dot{\epsilon}_{zz} \\ \dot{\gamma}_{xy} \\ \dot{\gamma}_{yz} \\ \dot{\gamma}_{zx} \end{bmatrix}$$

Pada kondisi elastis, dua parameter yang digunakan adalah *Young's modulus* (E) dan rasio poisson efektif, ν' . Hubungan antara nilai *Young's modulus* (E) dan beberapa nilai modulus kekakuan, seperti nilai modulus kekakuan geser (G), modulus kekakuan terbesar (K) dan modulus oedometer (E_{oed}) diberikan seperti di bawah (Brinkgreve, R B J et al, 2003);

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

$$E_{oed} = \frac{(1-\nu)E}{(1-2\nu)(1+\nu)}$$

Selanjutnya Giroud (1972) serta Poulos and Davis (1974) menjelaskan tentang solusi elastisitas. Penggunaan model linear elastis untuk perhitungan material sangat tepat digunakan untuk memodelkan perilaku dari struktur yang memiliki kekuatan sangat tinggi dibandingkan kekuatan tanah dan biasanya digunakan bersamaan dengan jenis material tidak berpori untuk menghilangkan tekanan air

pori dari elemen-elemen struktur tersebut. Dimensi pemecah gelombang yang dibuat menggunakan dimensi pemecah gelombang yang telah dibuat sebelumnya oleh Novico dan Geurhaneu (2010) seperti dapat dilihat pada Tabel 1, dimana ukuran tersebut diaplikasikan di dalam model.

Input data pada model, Tabel 1 dan Gambar 2 diaplikasikan sesuai dengan rencana dimensi pemecah gelombang (PPPGL, Novico, F., Sahudin., Usman, E., Hartono., Latuputy, G., Geurhaneu, N.Y., Harkins, F.X., 2004). Pada model ini berat struktur pemecah gelombang

diasumsikan sama dengan berat jenis beton. Data lapisan tanah didapatkan dari contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) yang diambil pada lokasi pemboran dan diaplikasikan pada tiap lapisan tanah.

Arus laut diasumsikan sebagai gaya horizontal yang merupakan beban titik. Transformasi kecepatan arus menjadi gaya horizontal dilakukan dengan menggunakan formula :

$$F = 0,5 \cdot C_d \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A \quad (\text{Tomlinson dan Woodward, 2008}).$$

Dimana;

F = Gaya gesek (kN)

C_d = Koefisien gaya gesek (berhubungan dengan *Reynolds Number*)

ρ = Berat Jenis Air (ton/m^3)

V = Kecepatan Arus (m/det)

A = Area yang dilalui (m^2)

Berdasarkan perhitungan menggunakan formula tersebut maka didapatkan nilai gaya horizontal akibat kecepatan arus maksimum adalah kurang dari 1 kN untuk itu, diasumsikan

Tabel 1. Dimensi Pemecah gelombang

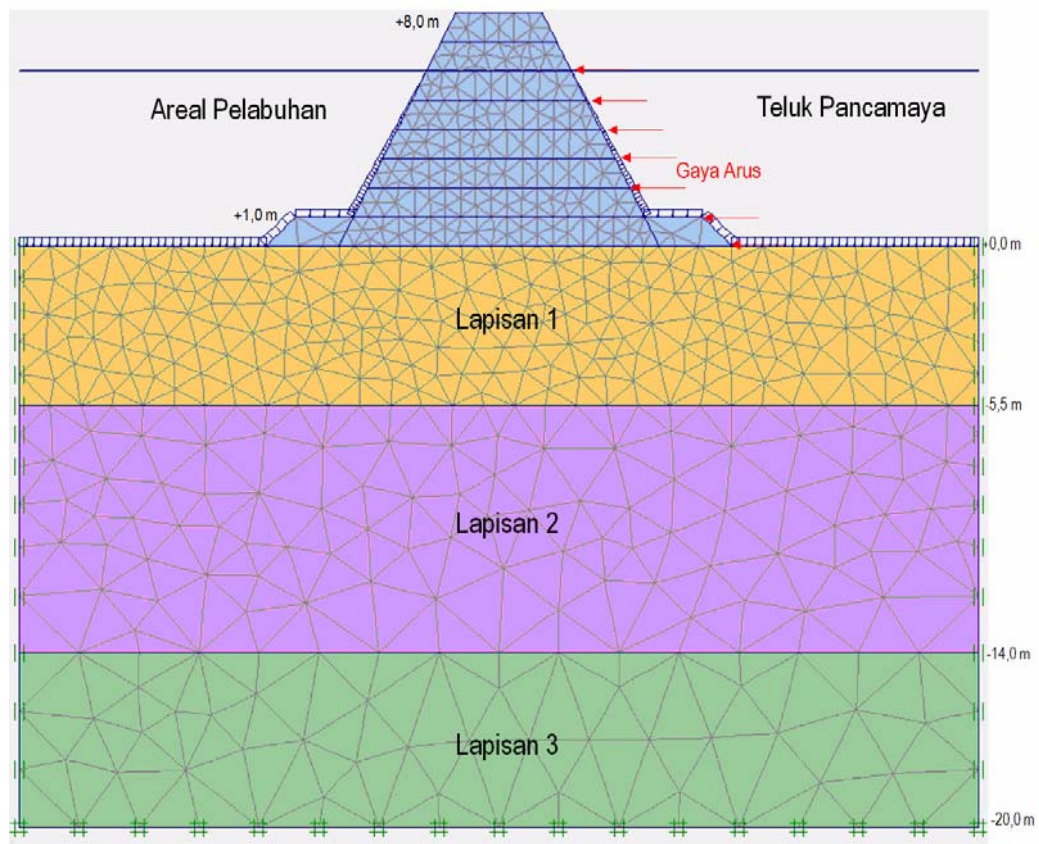
No	Bagian	Ukuran (m)
1	Tinggi pemecah gelombang	8,00
2	Lebar puncak pemecah gelombang	3,00
3	Lebar dasar pemecah gelombang	11,00
4	Tinggi kaki pemecah gelombang	1,00
5	Lebar kaki pemecah gelombang	2,50

nilai gaya horizontal yang digunakan pada model adalah sebesar 1 kN/m^2 .

Model dua dimensi (2D) elemen terbatas telah dibuat seperti terlihat pada Gambar 3, (Novico dan Geurhaneu, 2010. Satuan ukuran dalam model adalah meter dengan batasan ketinggian model +8 hingga -20 dan lebar sepanjang 33 meter dari batas tertutup bagian kanan hingga kiri model. Parameter tanah diambil berdasarkan hasil analisis laboratorium geoteknik, sementara parameter beton diambil

dari model yang telah dilakukan oleh Novico dan Geurhaneu (2010) seperti tertera pada Tabel 2. Lapisan tanah dibagi menjadi tiga lapisan berbedayang didasarkan oleh hasil pengamatan sampel terganggu (*disturbed sample*) dan hasil pengukuran *Standar Penetration Test* (SPT) PPPGL (2004).

Analisis model yang diaplikasikan pada software PLAXIS adalah dengan melakukan penambahan gaya horizontal yang bekerja untuk setiap lapis pemecah gelombang yang dipasang. Gaya horizontal yang diterapkan selesai setelah pemasangan lapisan ke-6 dari tubuh pemecah gelombang dan dilanjutkan dengan menyelesaikan lapisan selanjutnya hingga ketinggian pemecah gelombang mencapai +8 meter dari permukaan laut.



Gambar 3. Model finite element (hasil set up dari Plaxis)

Tabel 2. Input model

Parameter	Name	Unit	Lapisan Tanah	Pemecah Gelombang
Material model	Model	-	L. Elastic	L. Elastic
Type of behaviour	Type	-	Undrained	Non Porous
Unit weight upper phreatic level	γ_{unsat}	kN/m ³	18.0	24
Unit weight below phreatic level	γ_{sat}	kN/m ³	20.11	-
Horizontal permeability	k_x	m/day	1E ⁻⁰³	-
Vertical permeability	k_y	m/day	1E ⁻⁰³	-
Young's modulus	E_{ref}	kN/m ²	1,3E ⁺⁰⁴	1,35E ⁶
Poisson's ratio	V	-	0.30	0,35
Shear Modulus	G	kN/m ²	5000	5E ⁵

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perpindahan Total (*Total Displacement*)

Seperti yang telah disampaikan pada paragraf sebelumnya, bahwa gaya horizontal yang diasumsikan bekerja pada model ini adalah hasil transformasi kecepatan arus. Dengan memasukkan parameter kecepatan maksimum hasil penyelidikan lapangan, data berat jenis air laut dan parameter tanah hasil uji laboratorium maka dapat dibuat skenario pemodelan seperti pada Gambar 4A hingga Gambar 4G.

Masing-masing skenario dibuat dengan asumsi pekerjaan pembangunan pemecah gelombang melalui tahapan-tahapan seperti terdapat pada Tabel 3.

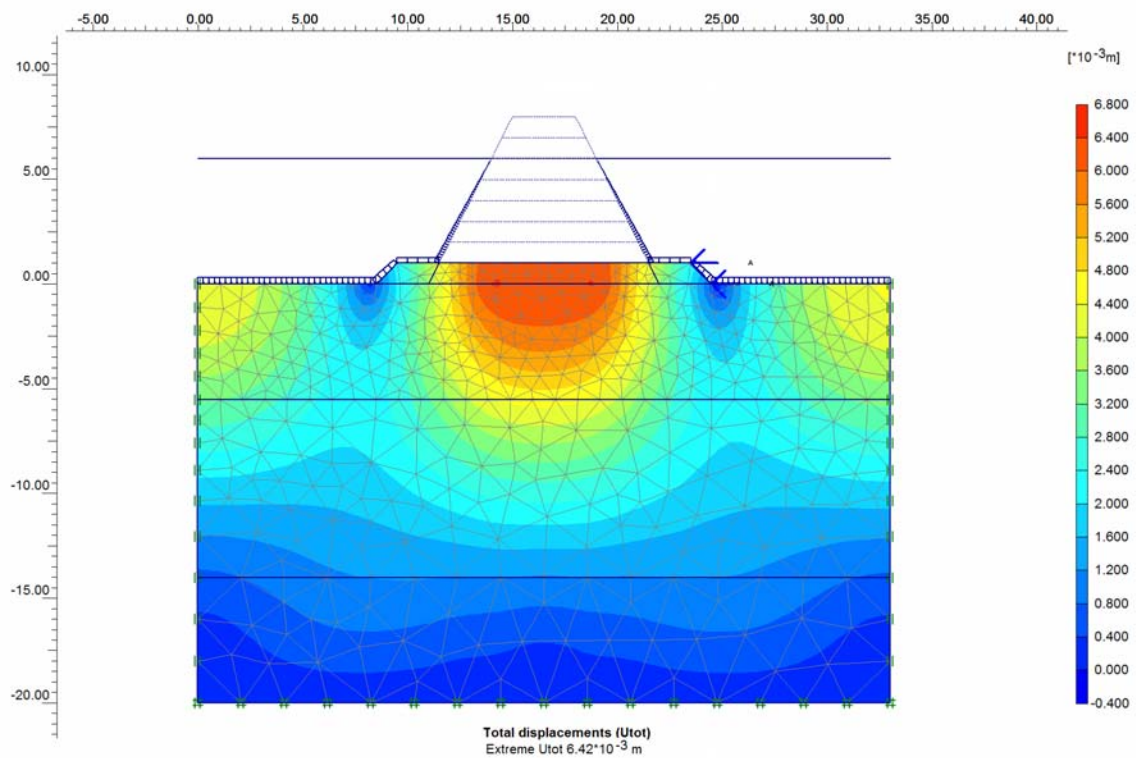
Berdasarkan hasil pemodelan maka dapat diketahui total besarnya perubahan untuk

masing-masing tahapan kegiatan seperti yang terdapat pada Tabel 4.

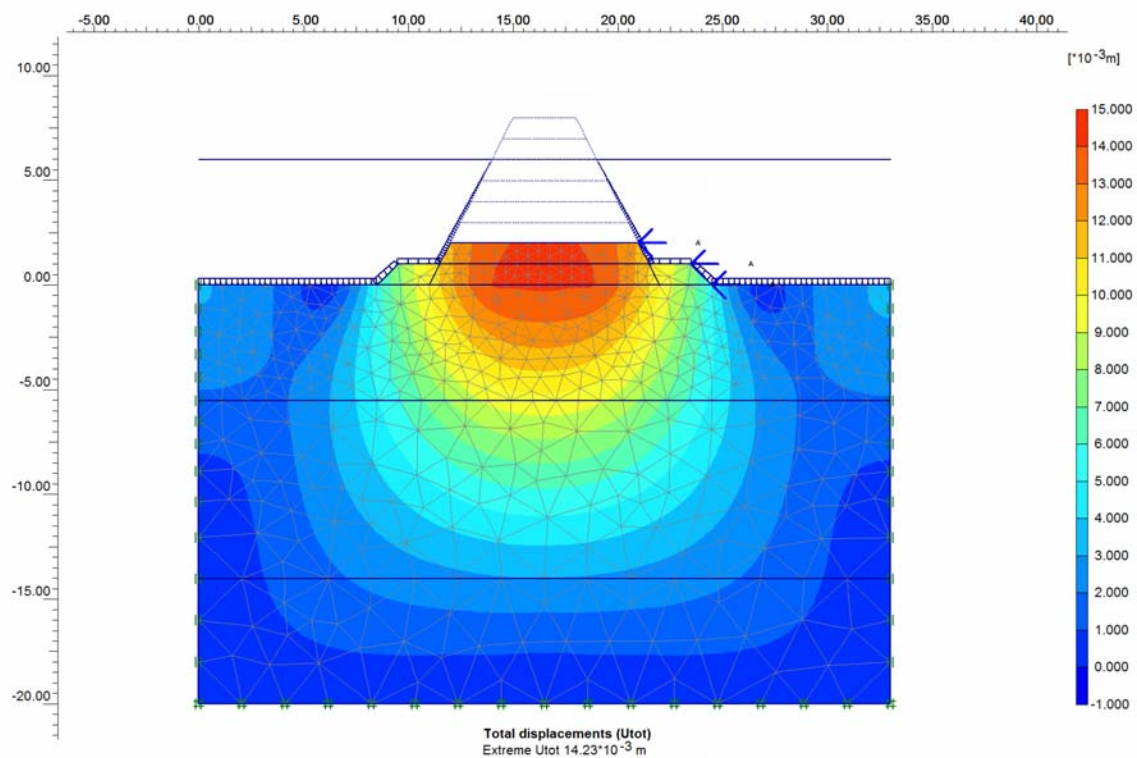
Pada Tabel 4, terlihat jelas bahwa, tekanan horizontal yang terjadi akibat kecepatan arus untuk tiap tahapan mulai dari tahap ke-1 (Gambar 4A) hingga tahap ke-7 (Gambar. 4G) tidak banyak menimbulkan perubahan pada tubuh pemecah gelombang, namun tetap saja memberikan perubahan untuk posisi pemecah gelombang itu sendiri. Kondisi tubuh pemecah gelombang pada lapisan pertama (+1m) menunjukkan tekanan terpusat pada tubuh pemecah gelombang bagian tengah dan tanah bawah tubuh pemecah gelombang dan daerah pada jarak 6 meter dari kaki pemecah gelombang. Kondisi ini terus berlangsung hingga pemecah gelombang selesai dibangun, Gambar 4A-4F. Pusat *displacement* tersebar pada

Tabel 3. Skenario Model

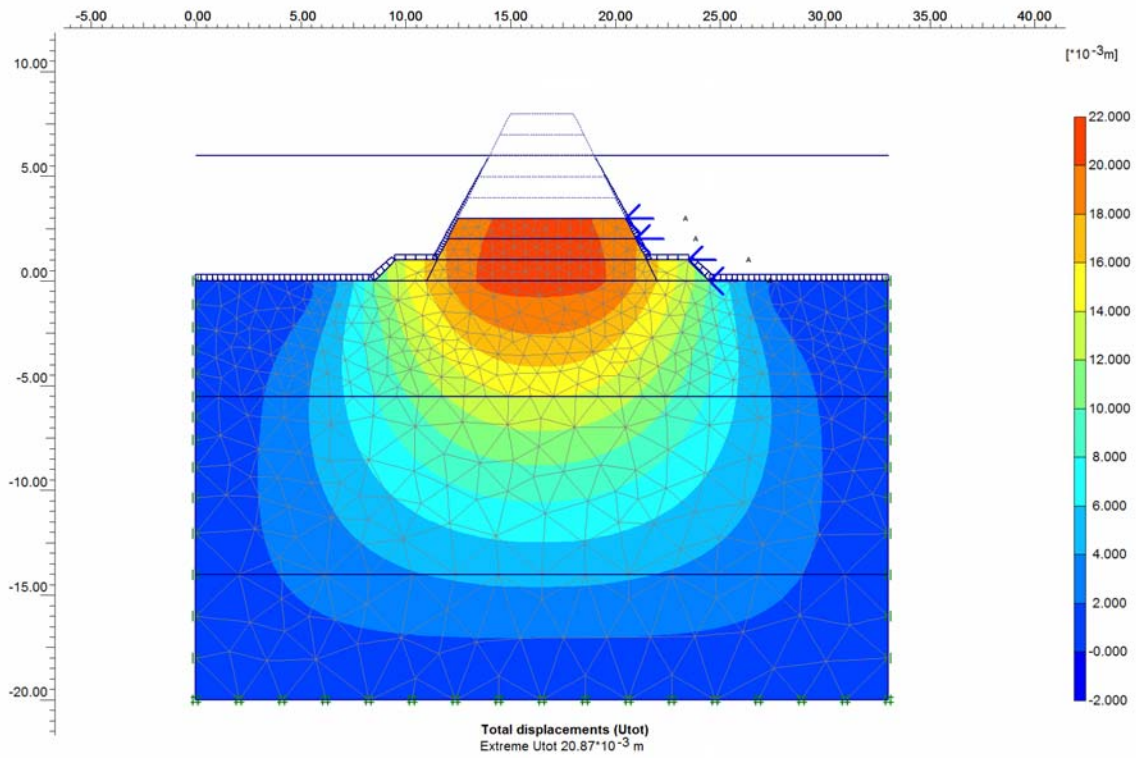
No Tahapan	Skenario Analisis
1	Lapisan 1m + 2Gaya Arus
2	Lapisan 2m + 3Gaya Arus
3	Lapisan 3m + 4Gaya Arus
4	Lapisan 4m + 5Gaya Arus
5	Lapisan 5m + 6Gaya Arus
6	Lapisan 6m + 7Gaya Arus
7	Lapisan 8m + 7Gaya Arus



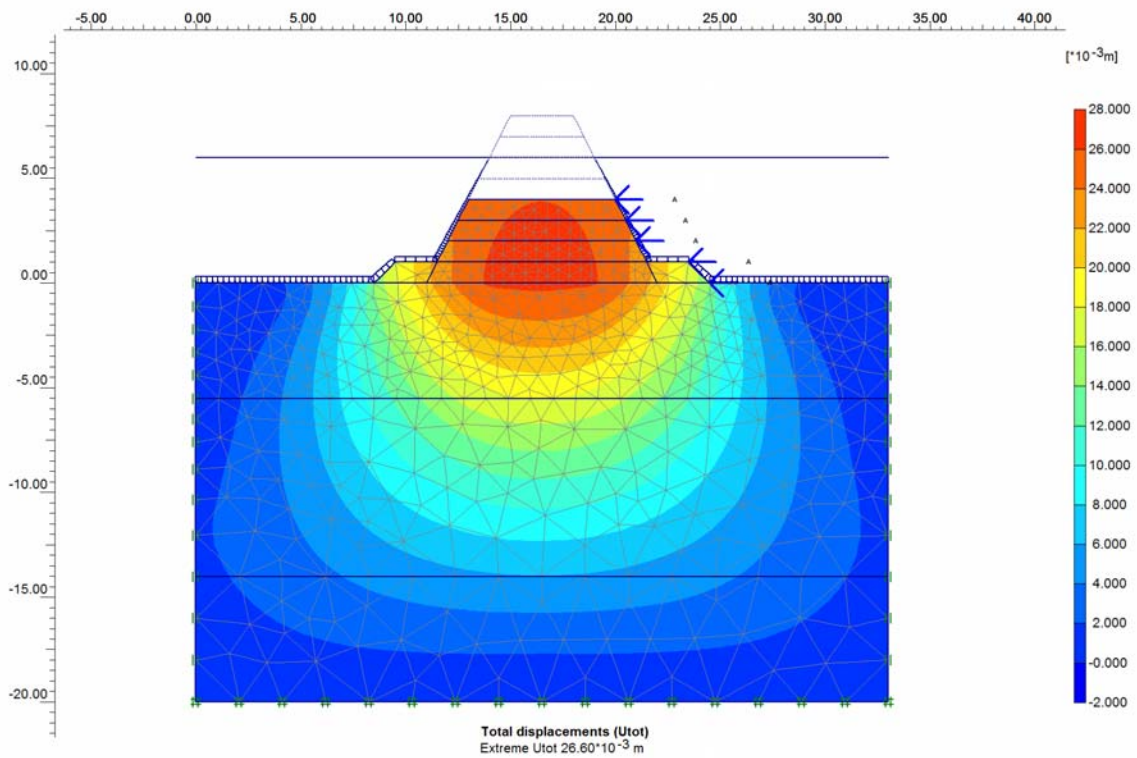
Gambar 4A. Model Deformasi Pemecah Gelombang (Tahap 1)



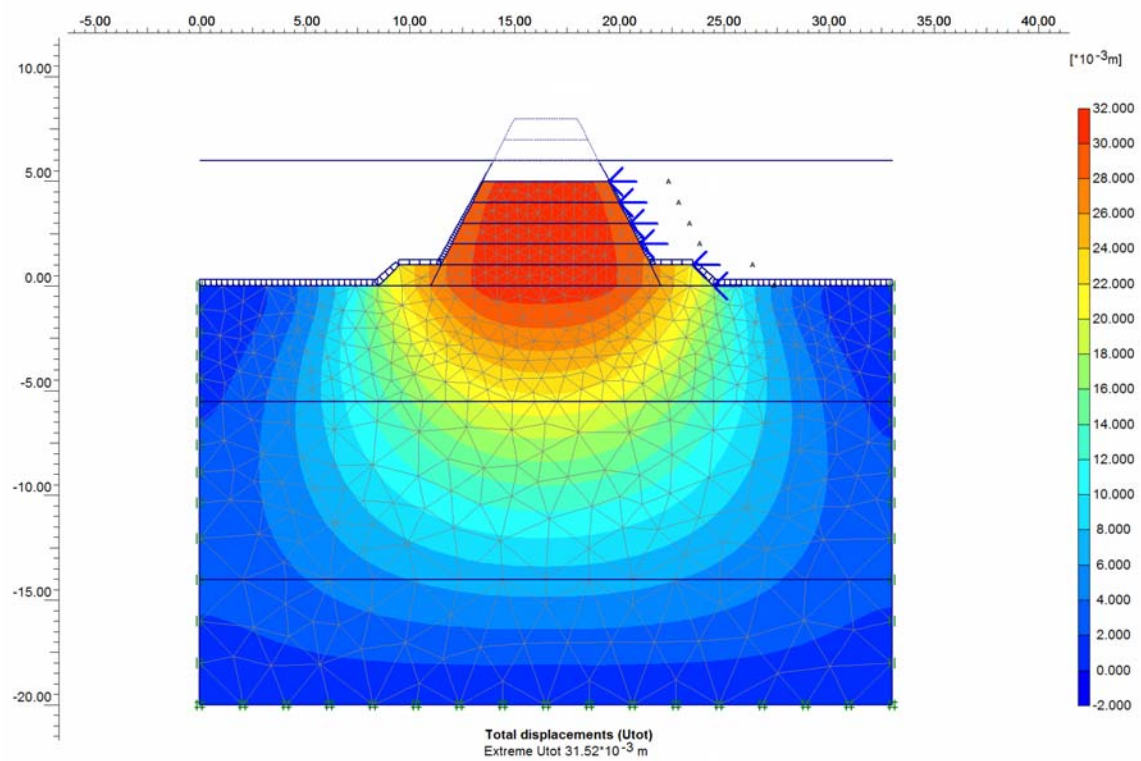
Gambar 4B. Model Deformasi Pemecah Gelombang (Tahap 2)



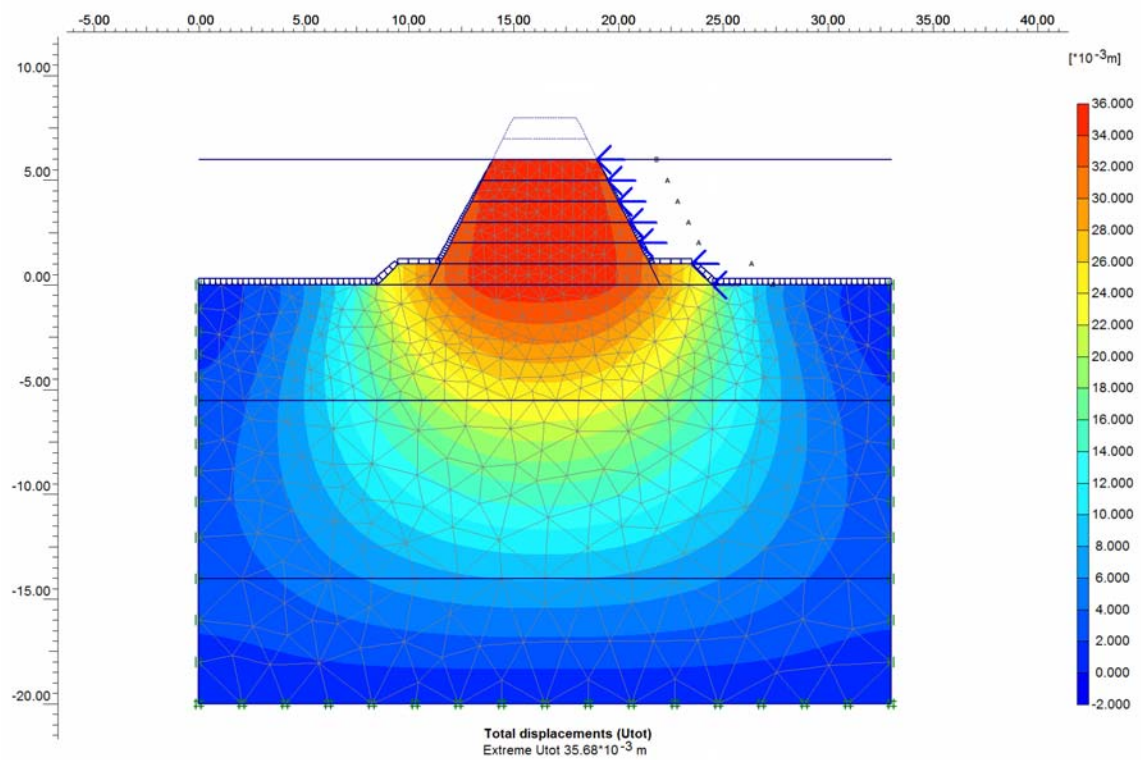
Gambar 4C. Model Deformasi Pemecah Gelombang (Tahap 3)



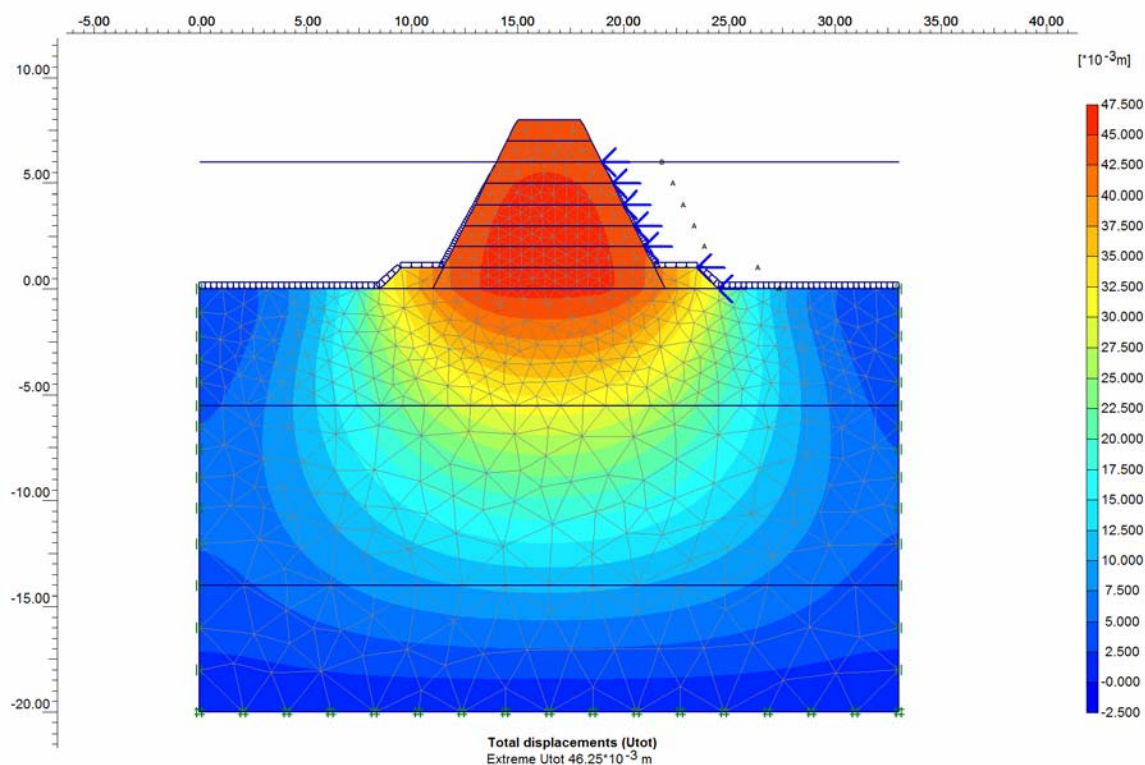
Gambar 4D. Model Deformasi Pemecah Gelombang (Tahap 4)



Gambar 4E. Model Deformasi Pemecah Gelombang (Tahap 5)



Gambar 4F. Model Deformasi Pemecah Gelombang (Tahap 6)



Gambar 5. Penampang pada sisi miring pemecah gelombang (penampang A-A*)

tubuh pemecah gelombang, terutama pada bagian atas dan terus menurun ke arah bawah, Gambar 4G.

Gaya-gaya Pada Penampang A-A* Pada Sisi Luar Pemecah Gelombang

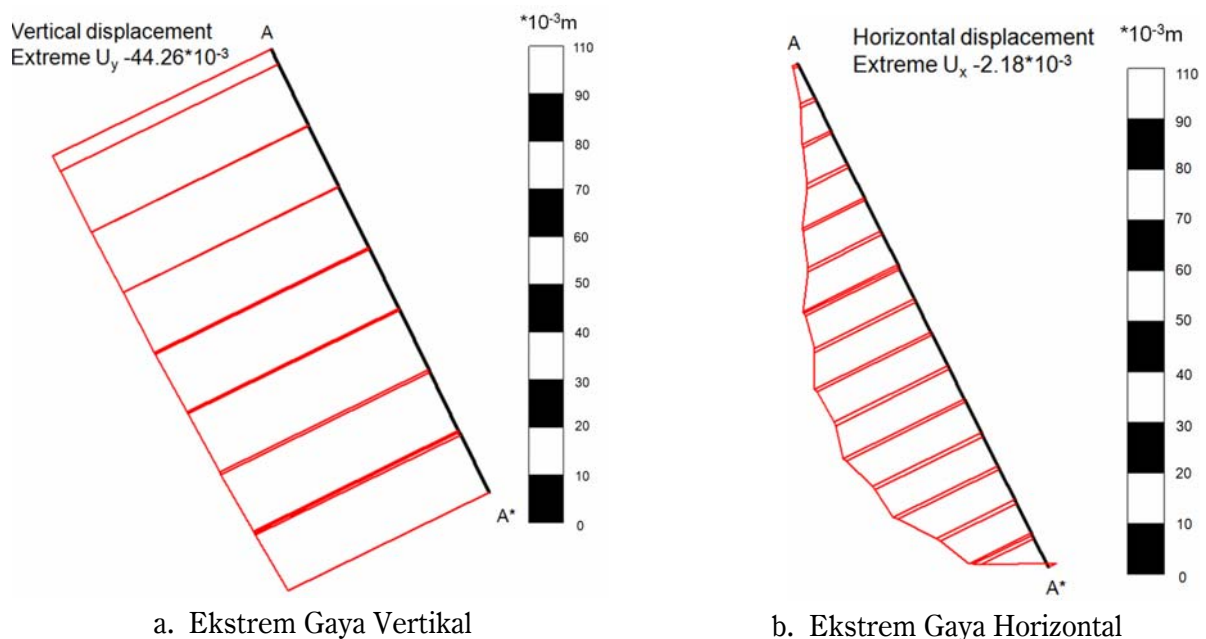
Setelah mengetahui total displacement pada pemecah gelombang, maka untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang besarnya pengaruh gaya horizontal akibat kecepatan arus, maka dibuat penampang untuk sisi miring

pemecah gelombang bagian luar atau potongan A-A* (Gambar 5).

Pada penampang A-A*, dapat diketahui bahwa perpindahan vertikal memiliki nilai yang lebih besar dari pada perpindahan horizontal (Gambar 6). Dengan nilai $18,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ untuk perpindahan vertikal dan $2,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ untuk perpindahan horizontal, ini berarti struktur bangunan cukup kuat menahan gaya horizontal yang disebabkan oleh kecepatan arus.

Tabel 4. Total displacement

No	Tahap	Total displacement pada bagian melintang pemecah gelombang (meter)
1	Lapisan 1m + 2Gaya Arus (Gbr.4A)	$6,42 \cdot 10^{-3}$
2	Lapisan 2m + 3Gaya Arus (Gbr. 4B)	$14,23 \cdot 10^{-3}$
3	Lapisan 3m + 4Gaya Arus (Gbr. 4C)	$20,87 \cdot 10^{-3}$
4	Lapisan 4m + 5Gaya Arus (Gbr. 4D)	$26,60 \cdot 10^{-3}$
5	Lapisan 5m + 6Gaya Arus (Gbr. 4E)	$31,52 \cdot 10^{-3}$
6	Lapisan 6m + 7Gaya Arus (Gbr. 4F)	$35,68 \cdot 10^{-3}$



Gambar 6. Gaya yang bekerja pada sisi miring pemecah gelombang (penampang A-A*)

KESIMPULAN

Kecepatan arus pada Teluk Pancamaya telah ditransformasikan menjadi gaya horizontal yang digunakan sebagai gaya yang bekerja pada model elemen terbatas pemecah gelombang. Model geoteknik menggunakan software Plaxis versi 8 untuk mengetahui gaya horizontal akibat kecepatan arus yang bekerja pada pemecah gelombang memberikan gambaran yang cukup baik tentang besarnya perpindahan total yang terjadi. Dengan nilai total perpindahan $46,25 \cdot 10^{-3}$ m maka dapat dikatakan pengaruh gaya horizontal akibat kecepatan arus tidak menyebabkan perubahan pada rencana pemecah gelombang. Nilai perubahan tersebut dapat dikatakan tidak menimbulkan perubahan berarti dikarenakan perbandingan penurunan yang terjadi hanya 4.625 cm dengan tinggi total pemecah gelombang sebesar 8 meter yang berarti penurunan yang terjadi hanya sebesar 0.578% kurang dari 2.5%. Untuk penelitian selanjutnya disarankan perlu dibuat analisis dengan mengkombinasikan gaya-gaya yang mungkin bekerja pada pemecah gelombang seperti gaya horizontal dari gelombang ekstrem dan gaya yang disebabkan oleh gempa bumi.

ACUAN

- Brinkgreve, R B J et al. "PLAXIS Version 8.2 Material Models Manual." 2003 : n. pag. Print.
- Giroud, J.P., 1972. Tables pour le calcul des foundations. Vol.1, Dunod, Paris.
- PPPGL, Novico, F, Sahudin., Usman, E., Hartono., Latuputy, G., Geurhaneu, N.Y., Harkins, F.X., 2004. Penyelidikan Aspek Geologi dan Geofisika Perairan Banyuwangi, Puslitbang Geologi Kelautan, Bandung. Laporan Intern. Tidak dipublikasi.
- Novico, F. dan Geurhaneu, N.Y., 2010. Model Penurunan Sedimen Permukaan Dasar Laut Pada Dasar Rencana Pemecah Gelombang Di Teluk Pancamaya Banyuwangi-Jawa Timur. Jurnal Geologi Kelautan Volume 8, No.1, April 2010, Bandung.
- Novico, F, Budiono., K, dan Geurhaneu, N.Y., 2006. Pra Rencana Desain Pemecah Gelombang Sisi Miring (Batu Alam) Pada Pelabuhan Ikan Pancer Banyuwangi.

- Jurnal Geologi Kelautan, Vol.4, No.2, Agustus 2006, Bandung.
- Poulos, H.G. and E.H. Davis. 1974. Elastic Solutions for Soil and Rock Mechanics. John Wiley & Sons Inc., New York.
- PLAXIS Versi 8.2, Geotechnical Software, 2002, Delft Netherlands.
- Tomlinson, M.J. and J. Woodward. 2008. Pile Design and Construction Practice, New York.